

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
**INSTITUT NATIONAL  
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
 PARIS

⑪ N° de publication : **2 828 011**  
 (à n'utiliser que pour les  
 commandes de reproduction)

⑫ N° d'enregistrement national : **01 10000**

⑤ Int Cl<sup>7</sup> : H 01 M 8/04

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION****A1**

② Date de dépôt : 26.07.01.

③ Priorité :

④ Date de mise à la disposition du public de la  
 demande : 31.01.03 Bulletin 03/05.

⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
 recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
 présent fascicule*

⑥ Références à d'autres documents nationaux  
 apparentés :

⑦ Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME  
 POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCE-  
 DES GEORGES CLAUDE — FR.

⑦ Inventeur(s) : CHARLAT PIERRE.

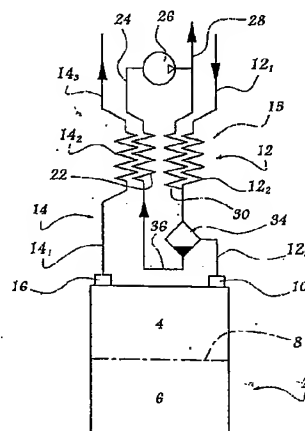
⑦ Titulaire(s) :

⑦ Mandataire(s) :

⑤ PROCÉDE ET INSTALLATION D'ALIMENTATION EN AIR D'UNE PILE A COMBUSTIBLE.

⑦ Selon ce procédé, on alimente la cathode (4) avec de l'air d'entrée (par 12) et on évacue (par 14), hors de cette cathode (4), un air de sortie, appauvri en oxygène et mélangé à de l'eau.

On met en relation d'échange thermique, dans un échangeur de chaleur (15), l'air d'entrée et l'air de sortie, de manière à obtenir une fraction d'eau condensée provenant dudit air de sortie, on récupère (par 24) cette fraction d'eau condensée, et on mélange au moins une partie de cette eau condensée, à l'air d'entrée, de manière à provoquer une évaporation au moins partielle de cette eau condensée, dans l'échangeur de chaleur.



FR 2 828 011 - A1



La présente invention concerne un procédé et une installation d'alimentation en air d'une pile à combustible.

De façon classique, une pile à combustible comporte un  
5 compartiment anodique où se produit l'oxydation de l'hydrogène, ainsi qu'un compartiment cathodique, dans lequel l'oxygène de l'air est réduit, avec production d'eau.

Une membrane de type échangeuse d'ions sépare  
10 physiquement les compartiment anodique et cathodique, alors que ces derniers se trouvent reliés par un circuit électrique extérieur.

Le compartiment anodique est mis en communication avec une ligne d'arrivée d'hydrogène, ainsi qu'une ligne  
15 d'évacuation de l'hydrogène consommé. Ce dernier est mélangé à une fraction d'eau, qui a été produite au niveau de la cathode, et a traversé la membrane de séparation précitée.

De façon analogue, le compartiment cathodique est  
20 pourvu d'une conduite d'arrivée d'air, ainsi que d'une conduite d'évacuation de cet air appauvri en oxygène, mélangé à de l'eau.

Par ailleurs, le fonctionnement correct de cette pile à combustible nécessite que la membrane de séparation  
25 précitée soit humidifiée en permanence. A cet effet, l'air d'entrée, admis dans la pile à combustible, doit posséder un taux d'humidité élevé.

L'invention se propose de mettre en œuvre un procédé d'alimentation en air d'une pile à combustible qui, tout en  
30 assurant une humidification satisfaisante de cette membrane de séparation, soit avantageux en termes énergétiques et garantisse un bilan hydrique favorable à l'ensemble de la pile.

A cet effet, elle a pour objet un procédé d'alimentation en air d'une pile à combustible, dans lequel on alimente une cathode de cette pile avec de l'air d'entrée et on évacue, hors de cette cathode, un air de sortie, appauvri en oxygène et mélangé à de l'eau, caractérisé en ce qu'on met en relation d'échange thermique, dans un échangeur de chaleur, l'air d'entrée et l'air de sortie, de manière à obtenir une fraction d'eau condensée provenant dudit air de sortie, en ce qu'on récupère cette fraction d'eau condensée, et en ce qu'on mélange au moins une partie de cette eau condensée, à l'air d'entrée, de manière à provoquer une évaporation au moins partielle de cette eau condensée, dans l'échangeur de chaleur.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- on met en relation d'échange thermique, à contre-courant, l'air d'entrée et l'air de sortie ;

- on mélange l'eau condensée à l'air d'entrée, avant de mettre ce dernier en relation d'échange thermique avec l'air de sortie ;

- on mélange l'eau condensée à l'air d'entrée, en même temps qu'on met ce dernier en relation d'échange thermique avec l'air de sortie ;

- on fait circuler, dans l'échangeur de chaleur, l'eau condensée dans un espace intercalaire d'évaporation, dont au moins une paroi est formée par une membrane hydrophile ;

- on récupère la fraction d'eau condensée dans un espace intercalaire de condensation, dont au moins une paroi est formée par une membrane hydrophile ;

- on fait circuler l'eau condensée récupérée dans l'espace intercalaire de condensation, de façon à la mettre en relation d'échange thermique avec l'air d'entrée et/ou l'air de sortie ;

- les espaces intercalaires de condensation et d'évaporation sont séparés par une plaque de l'échangeur ;
- les espaces intercalaires de condensation et d'évaporation sont confondus ;
- 5           - on récupère la fraction d'eau condensée au moyen d'un circuit de récupération, disposé en dehors de l'échangeur de chaleur ;
- on sépare une autre fraction d'eau de l'air d'entrée, en aval de l'échangeur de chaleur ;
- 10          - on renvoie l'intégralité de la fraction d'eau séparée vers l'échangeur de chaleur, et on élimine une purge de l'eau condensée, présente dans le circuit de récupération ;
- on renvoie vers l'échangeur de chaleur
- 15 l'intégralité de l'eau condensée, présente dans le circuit de récupération, et on élimine la fraction d'eau séparée ;
- on renvoie, vers l'échangeur de chaleur toute l'eau condensée, présente dans le circuit de récupération, ainsi que toute l'eau séparée.
- 20          L'invention a également pour objet une installation d'alimentation en air d'une pile à combustible comprenant des moyens d'alimentation en air d'entrée d'une cathode de cette pile, et des moyens d'évacuation, hors de cette cathode, d'un air de sortie appauvri en oxygène et mélangé
- 25 à de l'eau, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un échangeur de chaleur mettant en relation d'échange thermique les moyens d'alimentation et les moyens d'évacuation, ce qui permet d'obtenir une fraction d'eau condensée provenant dudit air de sortie, des moyens de
- 30 récupération de ladite fraction d'eau condensée, ainsi que des moyens de mélange d'au moins une partie de cette eau condensée, à l'air d'entrée.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- l'échangeur de chaleur est à contre-courant ;

- les moyens de mélange sont disposés en amont de l'échangeur de chaleur ;
- le tronçon des moyens d'alimentation, mis en relation d'échange thermique, possède des parois revêtues d'une structure hydrophile ;
- les moyens de mélange sont disposés à l'intérieur de l'échangeur de chaleur ;
- les moyens de mélange comprennent une membrane apte à être traversée par l'eau condensée, cette membrane définissant un espace intercalaire d'évaporation ;
- les moyens de récupération comprennent une membrane hydrophile, définissant un espace intercalaire de condensation ;
- les espaces intercalaires de condensation et d'évaporation sont séparés par une plaque de l'échangeur ;
- les espaces intercalaires de condensation et d'évaporation sont confondus ;
- les moyens de récupération comprennent un circuit de récupération, disposé en dehors de l'échangeur de chaleur ;
- l'installation comprend également des moyens de séparation, permettant de séparer une autre fraction d'eau de l'air d'entrée, qui sont disposés en aval de l'échangeur de chaleur ;
- le circuit de récupération est pourvu d'une ligne de purge de l'eau condensée, alors que les moyens de séparation sont mis en communication avec l'échangeur de chaleur ;
- les moyens de séparation sont pourvus d'une ligne de purge de l'eau séparée.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- La figure 1 est une vue schématique, illustrant le principe d'une installation d'alimentation en air d'une pile à combustible, conforme à l'invention ;

5       - La figure 2 est une vue schématique, analogue à la figure 1, illustrant une première variante de réalisation de l'invention ;

- La figure 3 est une vue schématique, illustrant partiellement un échangeur de chaleur appartenant à l'installation de la figure 2 ;

10       - La figure 4 est une vue schématique, illustrant un des éléments appartenant à l'échangeur de la figure 3, dans lequel se produit une condensation ;

- Les figures 5 et 6 sont des vues schématiques illustrant deux variantes de réalisation d'un élément  
15 appartenant à l'échangeur de la figure 3, dans lequel se produit une évaporation ;

- Les figures 7 et 8 sont des vues schématiques, analogues à la figure 2, illustrant deux autres variantes de réalisation de l'invention ;

20       - La figure 9 est une vue schématique, illustrant partiellement un échangeur de chaleur appartenant à une autre variante de réalisation de l'invention ; et

- les figures 10 et 11 sont des vues schématiques, analogues aux figures 2 et 7, illustrant deux  
25 variantes supplémentaires de réalisation, mettant en œuvre l'échangeur de chaleur de la figure 9.

La pile à combustible, illustrée sur la figure 1 et désignée dans son ensemble par la référence 2, comprend une cathode 4, ainsi qu'une anode 6. Ces dernières sont  
30 séparées physiquement par une membrane échangeuse de protons, représentée de façon schématique par une ligne 8 en traits mixtes.

Le compartiment cathode 4 reçoit, à son entrée 10, un circuit 12 d'alimentation en air. Par ailleurs, un second

circuit 14 permet l'évacuation, hors de la sortie 16 de cette cathode, d'un mélange d'air appauvri en oxygène et d'eau.

Le tronçon amont 12<sub>1</sub> du circuit d'alimentation 12, le plus éloigné de l'entrée 10 de la cathode, véhicule un air relativement sec, dont le point de rosée est voisin par exemple de 10°C.

De plus, le tronçon amont 14<sub>1</sub> du circuit d'évacuation 14, voisin de la sortie 16 de la cathode, véhicule un air relativement chaud et humide, dont la température est voisine par exemple de 80°C et le taux d'humidité voisin de 100%.

Les tronçons médians 12<sub>2</sub> et 14<sub>2</sub> de ces circuits d'alimentation 12 et d'évacuation 14 sont mis en relation d'échange thermique, dans un échangeur à contre-courant 15. La structure de ce dernier, qui est représenté de façon schématique sur cette figure 1, sera explicitée dans ce qui suit.

Lors de son parcours ascendant dans le tronçon médian 14<sub>2</sub>, l'air de sortie, originellement chaud et humide, se condense, ce qui provoque la formation d'une fraction d'eau de condensation. Cette dernière est récupérée par l'intermédiaire d'une ligne 18, représentée schématiquement sur cette figure 1, et dont différents modes de réalisation seront décrits dans ce qui suit.

Cette eau de condensation est ensuite mélangée à l'air descendant sec, provenant du tronçon amont du circuit d'alimentation 12. Puis, elle s'évapore de nouveau lors de son passage dans l'échangeur 15.

Ainsi, en sortie de l'échangeur, le tronçon aval 12<sub>3</sub> du circuit d'alimentation 12 véhicule désormais de l'air chaud et humide, dont la température et le taux d'humidité sont voisins de ceux de l'air circulant dans le tronçon amont

d'évacuation 14<sub>1</sub>. Par ailleurs, le tronçon aval d'évacuation 14<sub>3</sub> véhicule de l'air humide et refroidi.

La mise en relation d'échange thermique de l'air d'entrée et de l'air de sortie est doublement avantageuse.

5        En effet, l'air de sortie, évacué à une température élevée de la cathode, subit une baisse sensible de cette température dans son passage au sein de l'échangeur de chaleur 15. Ainsi, en aval de cet échangeur, cet air de sortie possède une température relativement faible, qui est  
10 le cas échéant inférieure à la température extérieure. Ceci est particulièrement favorable au bilan hydrique global du système.

Par ailleurs, l'adjonction d'une fraction d'eau de condensation à l'air d'alimentation assure l'évaporation de  
15 cette eau dans l'échangeur. De la sorte, cet air d'alimentation possède un taux d'humidité élevé, lors de son admission dans la pile à combustible. Ceci garantit que la membrane de séparation est humidifiée en permanence, de façon satisfaisante.

20        Les figures 2 à 5 illustrent de façon plus précise une première variante de réalisation de l'invention.

L'installation représentée sur la figure 2 diffère de celle de la figure 1, en ce que le trajet de l'eau de condensation a été illustré de façon plus détaillée. Comme  
25 le montre la figure 3, les tronçons médians 12<sub>2</sub> et 14<sub>2</sub> des circuits d'alimentation 12 et d'évacuation 14 sont mis en relation d'échange thermique, dans un échangeur à plaques 15, fonctionnant à contre-courant.

De façon classique, un tel échangeur comprend  
30 plusieurs plaques 20 séparant deux tronçons médians adjacents. Il est par ailleurs prévu des moyens permettant d'empêcher la communication entre ces deux tronçons adjacents. Ces moyens, qui ne sont pas représentés sur la



figure 3, peuvent par exemple être réalisés par emboutissage, puis brasage ou adjonction d'un joint.

La figure 4 illustre de façon plus précise un tronçon médian 14<sub>2</sub> du circuit d'évacuation 14, où se produit la  
5 condensation de l'eau. Comme le montre cette figure, les plaques 20 de l'échangeur, précédemment décrit en référence à la figure 3, sont recouvertes d'une membrane poreuse hydrophile, qui est par exemple réalisée en polyéthylène.

Cette membrane, qui peut revêtir seulement l'une des  
10 parois des plaques 20, est désignée par la référence 22, à la fois sur cette figure 4 et sur la figure 2, où elle se trouve représentée par une ligne parallèle à celle représentant le tronçon de condensation 14<sub>2</sub>.

En faisant à nouveau référence à la figure 4, lorsque  
15 l'air, provenant de la sortie 16 de la cathode, s'écoule de bas en haut, la vapeur d'eau initialement présente dans cet air se condense. Elle est alors récupérée au sein d'un espace intercalaire 23, défini par les parois en regard de la membrane hydrophile 22 et des plaques 20. Cette eau est  
20 alors pompée, de sorte qu'elle s'écoule vers le haut de cet espace intercalaire 23.

A titre de variante, l'eau condensée dans le tronçon intermédiaire 14<sub>2</sub> peut ressortir par le bas de l'échangeur, à une température élevée, sous l'action de la gravité  
25 éventuellement associée à un pompage. Ainsi, cette eau condensée, qui se réchauffe au fur et à mesure de sa descente, confère une efficacité supplémentaire à la condensation.

En revenant à la figure 4, l'eau de condensation est  
30 collectée dans un circuit de récupération 24, pourvu d'une pompe 26 et d'une ligne de purge 28. Etant donné que cette eau de condensation a été récupérée à la partie haute de l'échangeur, elle se trouve à une température peu élevée, voisine par exemple de 15°C. Cette eau froide est alors

renvoyée en partie vers le tronçon médian  $12_2$  du circuit d'alimentation  $12$ .

La membrane hydrophile  $22$ , qui sépare le circuit de récupération  $24$  du gaz circulant dans le tronçon  $14_2$ , doit  
5 posséder une taille de pores et des propriétés hydrophiles, telles que son point de bulle empêche la pénétration de gaz dans l'espace intercalaire  $23$ .

Ce dernier est maintenu à une pression inférieure à la pression de fonctionnement des gaz dans le tronçon  
10 intermédiaire  $14_2$ . De la sorte, il est possible d'éviter tout noyage de la partie condenseur de l'échangeur, par de l'eau liquide issue de la condensation.

Deux variantes de réalisation, concernant le mélange de l'eau condensé et de l'air, sont envisageables.

15 Ainsi, il est possible de mélanger cette eau de condensation à l'air d'alimentation  $12$ , en amont du tronçon médian  $12_2$ , illustré à la figure 5. Comme le montre cette dernière, les parois des plaques  $20$  de l'échangeur  $15$  sont revêtues d'une structure hydrophile  $30$ , par exemple en  
20 tissu ou en feutre, qui est collée contre la paroi correspondante d'une plaque  $20$ .

Cette structure hydrophile est représentée sur la figure 2 par une ligne  $30$  parallèle à celle illustrant le tronçon médian  $12_2$  du circuit d'alimentation. La présence de  
25 cette structure hydrophile permet de faciliter l'évaporation de l'eau de condensation mélangée à l'air provenant du tronçon amont  $12_1$ . Cette structure doit être à même d'assurer la rétention d'une quantité d'eau suffisante, pour garantir l'évaporation en chaque point du  
30 tronçon intermédiaire  $12_2$ , pendant le temps qui sépare deux arrivées irrégulières d'eau.

Il convient de noter que la présence de la structure  $30$ , qui permet d'améliorer l'évaporation dans le tronçon  $12_2$ , est optionnelle. Ainsi, il est possible, tout en

mélangeant l'eau et l'air en amont de ce tronçon, de ne pas revêtir les parois au moyen de cette structure 30.

A titre de variante, l'eau de condensation, issue du circuit de récupération 24, et l'air sec provenant du tronçon amont  $12_1$ , peuvent être mélangés au sein même du tronçon d'évaporation  $12_2$ . Cette alternative est représentée à la figure 6, qui illustre une membrane hydrophile 32, par exemple analogue à celle 22, qui s'étend contre les parois des plaques de séparation 20.

Cette membrane hydrophile 32 définit, avec les parois en regard des plaques 20, un espace intercalaire 33 qui est alimenté en eau depuis le circuit de récupération 24. Cette eau, qui circule tout d'abord à côté de l'air, s'évapore le long de son trajet dans le tronçon  $12_2$ , et se mélange progressivement à cet air selon les flèches  $f$ .

En utilisant la structure 30 de la figure 5 ou la membrane 32 de la figure 6, l'air circulant dans le tronçon aval d'alimentation  $12_3$  se trouve en excès d'eau. A cet égard, ce tronçon  $12_3$  est pourvu d'un séparateur de phases 34, de type connu.

Ce dernier permet de récupérer, via une ligne 36, l'excès d'eau initialement présent dans l'air. Cette eau chaude en excès est alors recyclée, via la ligne 36, vers le haut du tronçon de condensation  $14_2$ . Par ailleurs, l'excès d'eau circulant dans le circuit de récupération 24 et la ligne de recyclage 36 est évacué, à une température basse, par la ligne de purge 28. Cette configuration permet de récupérer un maximum de puissance thermique.

La figure 7 illustre une variante de réalisation de l'invention.

L'installation qui y est représentée diffère de celle de la figure 2, en ce que le circuit de récupération 24' est dépourvu d'une ligne de purge 28, permettant d'évacuer un excès d'eau froide. De la sorte, la totalité de l'eau

condensée dans le tronçon 14<sub>2</sub>, puis récupérée dans le circuit 24', est renvoyée vers la partie basse du tronçon d'évaporation 12<sub>2</sub>.

En revanche, l'eau chaude récupérée par le séparateur 5 34' n'est pas renvoyée vers l'échangeur 15', comme dans l'exemple de la figure 2. Cette eau chaude en excès se trouve au contraire éliminée par une ligne de purge 28' s'étendant à partir du séparateur 34'.

L'agencement illustré à la figure 7 est avantageux, en 10 termes de simplicité. Par ailleurs, il permet d'éliminer l'eau, à l'endroit où celle-ci est la plus chargée en polluants et poussières.

La figure 8 illustre une autre variante de réalisation de l'invention.

15 L'installation qui y est représentée diffère de celles des figures 2 et 7, en ce qu'elle est dépourvue d'une ligne de purge, analogue à celles 28 et 28'.

Ainsi, la totalité de l'eau de condensation, récupérée en aval du tronçon 14<sub>2</sub> de l'échangeur 15'', est renvoyée, 20 via le circuit de récupération 24'', vers le tronçon d'évaporation 14<sub>2</sub>. En outre, la totalité de l'eau chaude récupérée depuis le séparateur 34'', est recyclée vers la partie haute du tronçon de condensation 14<sub>2</sub>, via la ligne 36''.

25 Cette configuration de type « en boucle », induit une dégradation des performances de l'échangeur 15'', jusqu'à ce que le bilan d'eau global devienne nul. Un tel agencement confère une température élevée au gaz circulant dans le tronçon aval d'évacuation 14<sub>3</sub>.

30 Ceci permet de diminuer la puissance à évacuer au radiateur de la source froide principale du système. Ceci revêt une importance notable dans le cas d'un véhicule.

La figure 9 illustre une variante supplémentaire de l'invention, dans laquelle les tronçons d'évaporation 12<sub>2</sub> et

de condensation 14<sub>2</sub>, ne sont pas séparés par une plaque 20 d'échangeur. Ainsi, cette dernière est remplacée par une zone de liaison, désignée dans son ensemble par la référence 38.

5        Cette zone 38 comprend une membrane hydrophile 40, analogue à celle 22 ou 32, qui forme une paroi latérale du tronçon de condensation 14<sub>2</sub>. Elle comprend également, à l'opposé de la membrane 40, une membrane supplémentaire 42, présentant une forte affinité chimique pour l'eau, qui est  
10        par exemple réalisée en NAFION. Cette membrane 42, qui forme une paroi latérale du tronçon d'évaporation 12<sub>2</sub>, peut, à titre d'alternative, être remplacée par une autre membrane hydrophile, analogue à celle 40.

      Ces deux membranes 40, 42 délimitent un espace  
15        intercalaire 44, dans lequel est présente de l'eau liquide, qui se trouve en échange thermique avec l'air d'entrée et l'air de sortie, comme l'illustrent également les figures 10 et 11.

      Dans ces conditions, l'échange entre l'air  
20        d'évacuation, véhiculé par le tronçon 14<sub>2</sub>, et l'air d'alimentation, véhiculé par le tronçon 12<sub>2</sub>, est effectué directement par l'intermédiaire de ces membranes 40, 42.

      L'eau condensée au niveau de la membrane hydrophile 40 s'accumule dans l'espace intercalaire 44, puis  
25        « pervapore », c'est-à-dire qu'elle s'évapore selon les flèches f' au travers de la membrane 42. Cette dernière, qui collecte l'eau liquide du côté condenseur, assure l'humidification de l'eau, du côté évaporateur.

      La zone de liaison 38, décrite ci-dessus, est  
30        illustrée dans les figures 10 et 11 par l'intermédiaire d'une ligne parallèle à celles représentant les tronçons d'évaporation 12<sub>2</sub> et de condensation 14<sub>2</sub>. Cette zone 38 appartient à l'échangeur de chaleur 15''', qui comprend également les deux tronçons précités.

A la figure 10, cette zone de liaison 38 est terminée par une ligne de récupération 46, qui permet d'évacuer un excès d'eau froide, comme dans le mode de réalisation de la figure 2.

- 5        En revanche, à la figure 11, la zone de liaison 38 est pourvue d'une ligne de récupération 46', permettant d'évacuer un excès d'eau chaude, comme dans le mode de réalisation de la figure 7.

- 10       Ainsi, le pompage de l'eau contenue dans l'espace intercalaire 44, qui est maintenu à une pression inférieure à celle des gaz, est assuré du côté qui garantit le meilleur bilan thermique de l'ensemble du système.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'alimentation en air d'une pile à  
combustible, dans lequel on alimente une cathode (4) de  
5 cette pile avec de l'air d'entrée (par 12) et on évacue  
(par 14), hors de cette cathode (4), un air de sortie,  
appauvri en oxygène et mélangé à de l'eau, caractérisé en  
ce qu'on met en relation d'échange thermique, dans un  
échangeur de chaleur (15 ; 15' ; 15'' ; 15'''), l'air  
10 d'entrée et l'air de sortie, de manière à obtenir (par 22 ;  
40) une fraction d'eau condensée provenant dudit air de  
sortie, en ce qu'on récupère (par 18 ; 24 ; 24' ; 24'' ;  
44) cette fraction d'eau condensée, et en ce qu'on mélange  
(par 32 ; 42) au moins une partie de cette eau condensée, à  
15 l'air d'entrée, de manière à provoquer une évaporation au  
moins partielle de cette eau condensée, dans l'échangeur de  
chaleur.

2. Procédé d'alimentation selon la revendication 1,  
caractérisé en ce qu'on met en relation d'échange  
20 thermique, à contre-courant, l'air d'entrée et l'air de  
sortie.

3. Procédé d'alimentation selon l'une des  
revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on mélange  
l'eau condensée à l'air d'entrée, avant de mettre ce  
25 dernier en relation d'échange thermique avec l'air de  
sortie.

4. Procédé d'alimentation selon l'une des  
revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on mélange (par  
32 ; 42) l'eau condensée à l'air d'entrée, en même temps  
30 qu'on met ce dernier en relation d'échange thermique avec  
l'air de sortie.

5. Procédé d'alimentation selon la revendication 4,  
caractérisé en ce qu'on fait circuler, dans l'échangeur de  
chaleur (15), l'eau condensée dans un espace intercalaire

(33 ; 44) d'évaporation, dont au moins une paroi est formée par une membrane hydrophile (32 ; 40).

6. Procédé d'alimentation selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on  
5 récupère la fraction d'eau condensée dans un espace intercalaire de condensation (23 ; 44), dont au moins une paroi est formée par une membrane hydrophile (22 ; 40).

7. Procédé d'alimentation selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'on fait circuler l'eau condensée  
10 récupérée dans l'espace intercalaire de condensation, de façon à la mettre en relation d'échange thermique avec l'air d'entrée et/ou l'air de sortie.

8. Procédé d'alimentation selon les revendications 5 et 6, caractérisé en ce que les espaces intercalaires de  
15 condensation (23) et d'évaporation (33) sont séparés par une plaque (20) de l'échangeur.

9. Procédé d'alimentation selon les revendications 5 et 6, caractérisé en ce que les espaces intercalaires de condensation et d'évaporation (44) sont confondus.

20 10. Procédé d'alimentation selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on récupère la fraction d'eau condensée au moyen d'un circuit de récupération (24 ; 24' ; 24''), disposé en dehors de l'échangeur de chaleur (15 ; 15' ; 15'').

25 11. Procédé d'alimentation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on sépare une autre fraction d'eau (en 34 ; 34' ; 34'') de l'air d'entrée, en aval de l'échangeur de chaleur (15 ; 15' ; 15'').

30 12. Procédé d'alimentation selon les revendications 10 et 11, caractérisé en ce qu'on renvoie l'intégralité de la fraction d'eau séparée vers l'échangeur de chaleur (15), et en ce qu'on élimine (par 28) une purge de l'eau condensée, présente dans le circuit de récupération (24).



13. Procédé d'alimentation selon les revendications 10 et 11, caractérisé en ce qu'on renvoie vers l'échangeur de chaleur (15') l'intégralité de l'eau condensée, présente dans le circuit de récupération (24'), et en ce qu'on  
5 élimine la fraction d'eau séparée (par 28').

14. Procédé d'alimentation selon les revendications 10 et 11, caractérisé en ce qu'on renvoie, vers l'échangeur de chaleur (15'') toute l'eau condensée, présente dans le circuit de récupération (24''), ainsi que toute l'eau  
10 séparée (en 34'').

15. Installation d'alimentation en air d'une pile à combustible, comprenant des moyens d'alimentation (12) en air d'entrée d'une cathode (4) de cette pile, et des moyens d'évacuation (14), hors de cette cathode (4), d'un air de  
15 sortie appauvri en oxygène et mélangé à de l'eau, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un échangeur de chaleur (15 ; 15' ; 15'' ; 15''') mettant en relation d'échange thermique les moyens d'alimentation (12) et les  
20 moyens d'évacuation (14), ce qui permet d'obtenir une fraction d'eau condensée provenant dudit air de sortie, des moyens de récupération (18 ; 24 ; 24' ; 24'' ; 44) de ladite fraction d'eau condensée, ainsi que des moyens de mélange (32 ; 42) d'au moins une partie de cette eau condensée, à l'air d'entrée.

25 16. Installation selon la revendication 15, caractérisée en ce que l'échangeur de chaleur est à contre-courant.

17. Installation selon la revendication 15 ou 16, caractérisée en ce que les moyens de mélange sont disposés  
30 en amont de l'échangeur de chaleur.

18. Installation selon la revendication 17, caractérisée en ce que le tronçon (12<sub>2</sub>) des moyens d'alimentation (12), mis en relation d'échange thermique,

possède des parois (20) revêtues d'une structure hydrophile (30).

19. Installation selon la revendication 15 ou 16, caractérisée en ce que les moyens de mélange (32 ; 42) sont  
5 disposés à l'intérieur de l'échangeur de chaleur.

20. Installation selon la revendication 19, caractérisée en ce que les moyens de mélange comprennent une membrane (32 ; 42) apte à être traversée par l'eau condensée, cette membrane définissant un espace  
10 intercalaire d'évaporation (33 ; 44).

21. Installation selon l'une quelconque des revendications 15 à 20, caractérisée en ce que les moyens de récupération comprennent une membrane hydrophile (22 ; 40), définissant un espace intercalaire de condensation  
15 (23 ; 44).

22. Installation selon les revendications 20 et 21, caractérisée en ce que les espaces intercalaires de condensation (23) et d'évaporation (33) sont séparés par une plaque de l'échangeur.

20 23. Installation selon les revendications 20 et 21, caractérisée en ce que les espaces intercalaires de condensation et d'évaporation (44) sont confondus.

24. Installation selon l'une des revendications 15 à 23, caractérisée en ce que les moyens de récupération  
25 comprennent un circuit de récupération (24 ; 24' ; 24''), disposé en dehors de l'échangeur de chaleur.

25. Installation selon l'une des revendications 15 à 24, caractérisée en ce qu'elle comprend également des moyens de séparation (34 ; 34' ; 34''), permettant de  
30 séparer une autre fraction d'eau de l'air d'entrée, qui sont disposés en aval de l'échangeur de chaleur.

26. Installation selon les revendications 24 et 25, caractérisée en ce que le circuit de récupération (24) est pourvu d'une ligne (28) de purge de l'eau condensée, alors

que les moyens de séparation (34) sont mis en communication avec l'échangeur de chaleur (15).

27. Installation selon les revendications 24 et 25, caractérisée en ce que les moyens de séparation (34') sont  
5 pourvus d'une ligne (28') de purge de l'eau séparée.

1/5

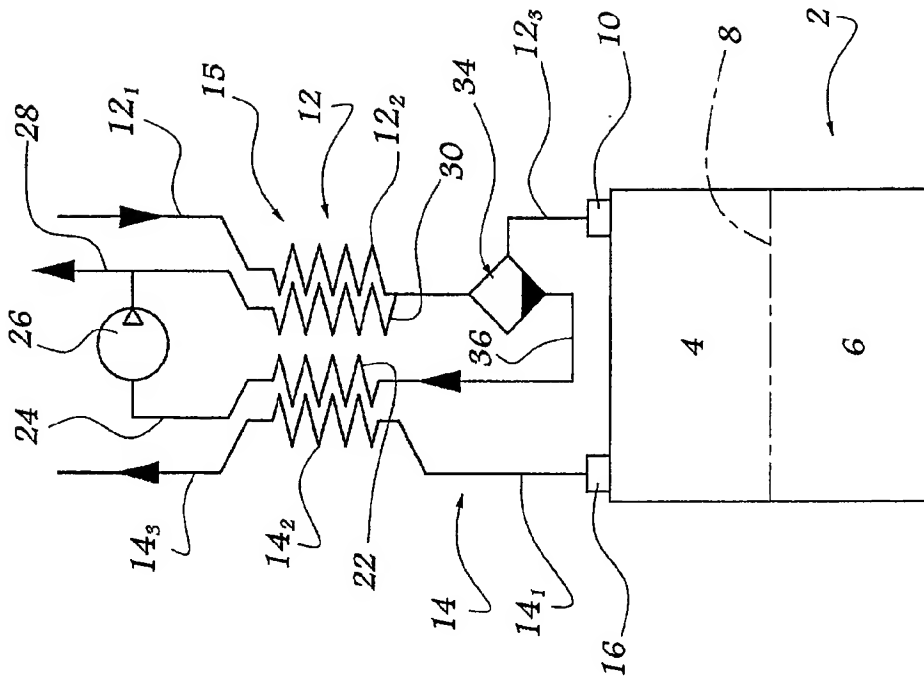


Fig. 2

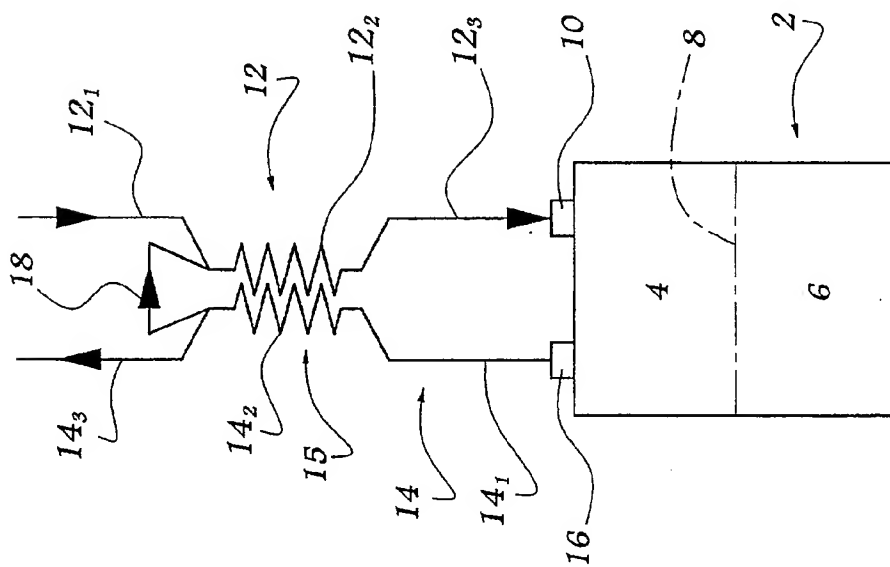
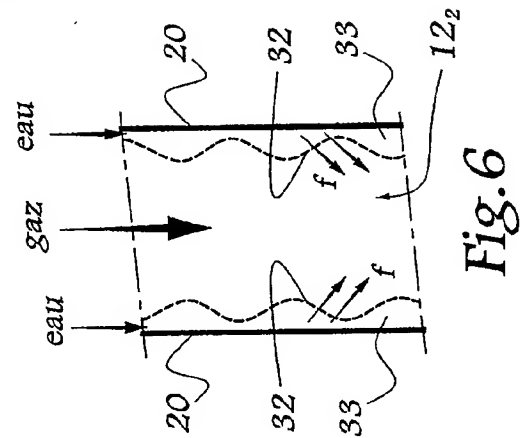
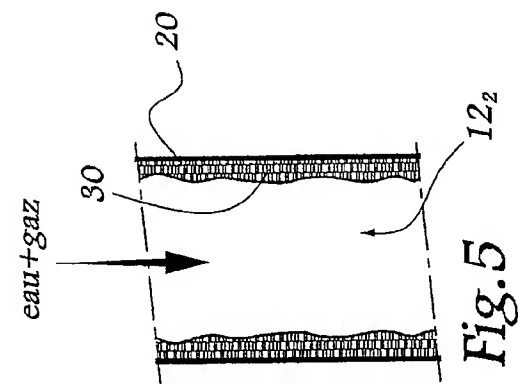
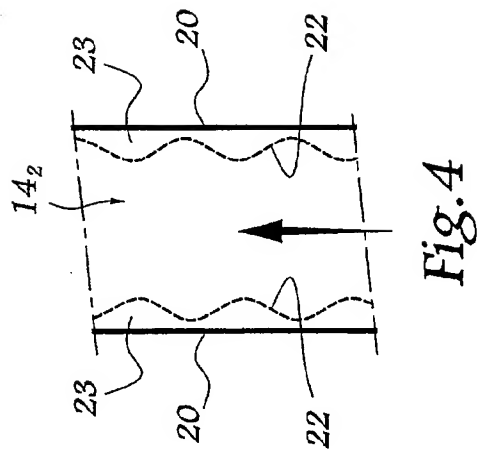
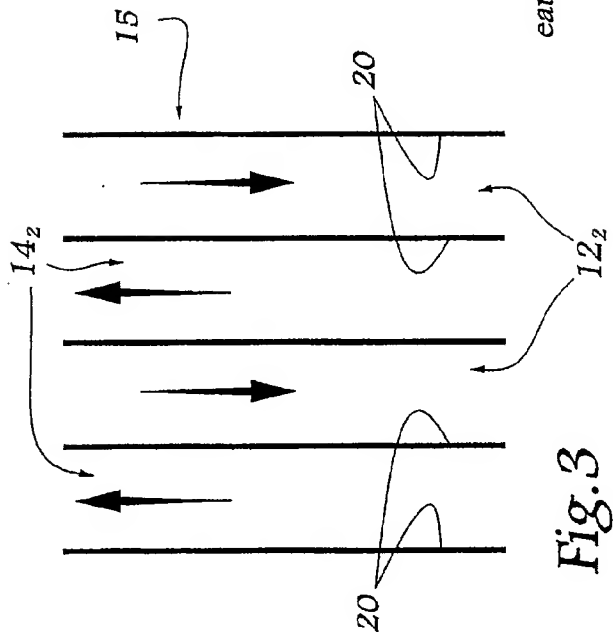


Fig. 1

2/5



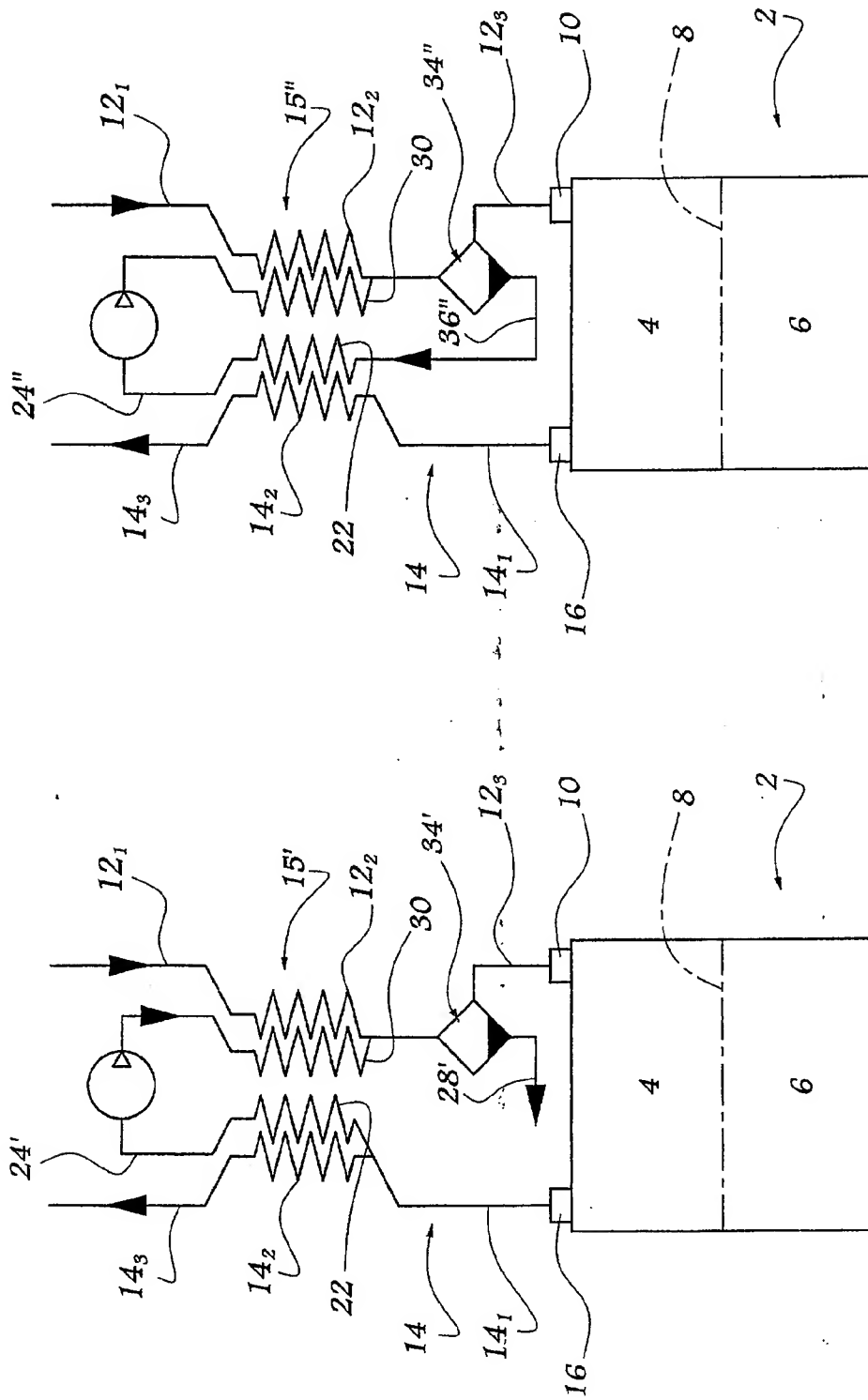


Fig. 8

Fig. 7

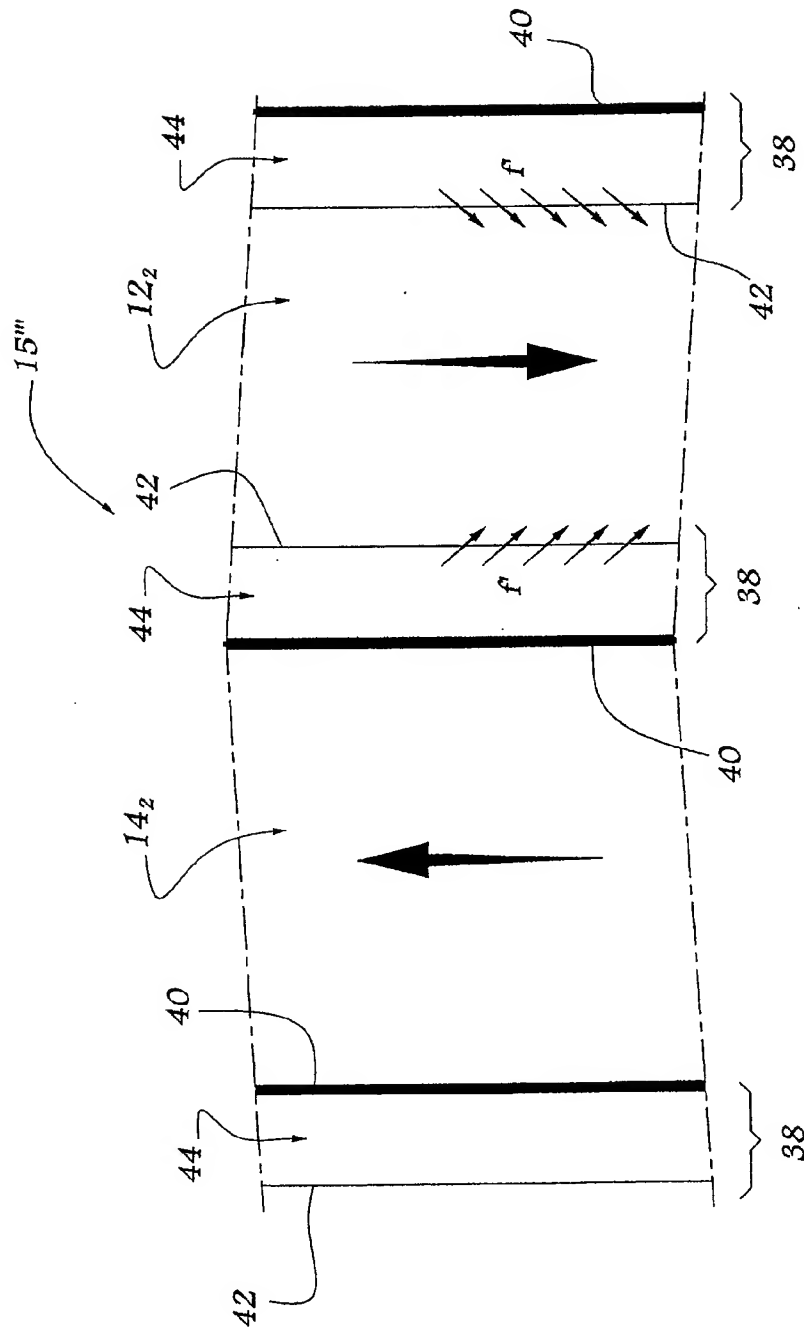


Fig. 9

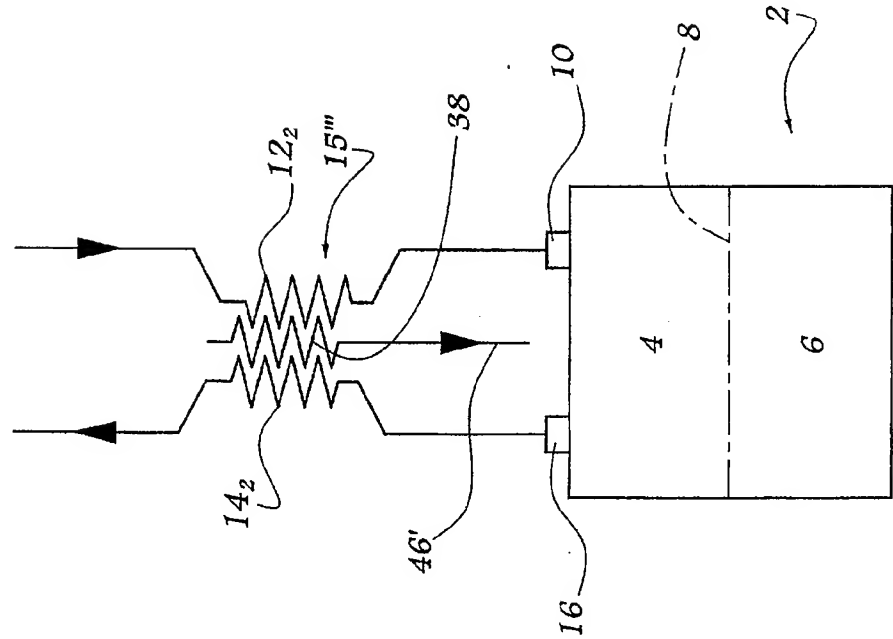


Fig. 11

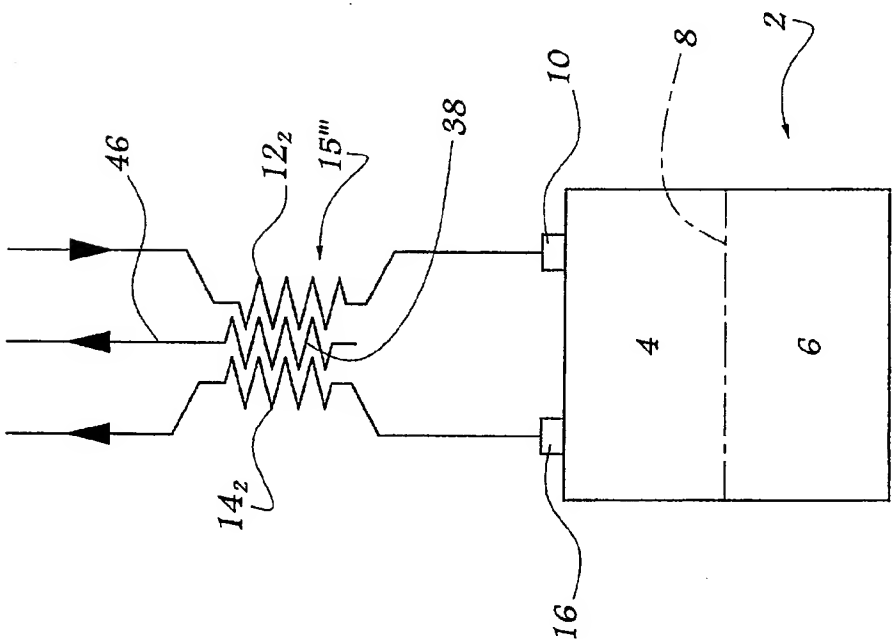


Fig. 10





2828011

# RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 606007  
FR 0110000

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 99 67829 A (INT FUEL CELLS CORP) 29 décembre 1999 (1999-12-29)  * revendications 1,2; figure 1 * * page 11, ligne 17 - page 12, ligne 21 * ---	1,4,5,9, 15,19, 20,23	H01M8/04
X	US 5 759 712 A (HOCKADAY ROBERT G) 2 juin 1998 (1998-06-02)  * colonne 11, ligne 64 - colonne 12, ligne 19; figure 15 *	1,4,5,9, 15,19, 20,23	
X	US 6 106 964 A (WELLS BRIAN W ET AL) 22 août 2000 (2000-08-22)  * colonne 9, ligne 57 - ligne 65; revendications 1,2; figures 1,2 *	1,4,5,9, 15,19, 20,23	
A	DATABASE WPI Section EI, Week 200048 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class X16, AN 2000-529691 XP002196820 -& JP 2000 208159 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 28 juillet 2000 (2000-07-28) * abrégé *	15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
A	DE 199 56 653 A (FEV MOTORENTECH GMBH) 31 mai 2001 (2001-05-31) * colonne 3, ligne 46 - colonne 4, ligne 12; figure 1 *	1,15	H01M
A	US 6 045 934 A (ENAMI YOSHIKI) 4 avril 2000 (2000-04-04) * colonne 4, ligne 8 - ligne 22; figure 1 * -----	1,15,17	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 avril 2002		D'hondt, J	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

5

EPO FORM 1503 12.93 (P04C14)



**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0110000 FA 606007**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier Informatique de l'Office européen des brevets à la date du 19-04-2002  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9967829	A	29-12-1999	AU 6381499 A	10-01-2000
			BR 9910874 A	09-10-2001
			CN 1304557 T	18-07-2001
			EP 1099269 A2	16-05-2001
			WO 9967829 A2	29-12-1999
US 5759712	A	02-06-1998	AU 6048698 A	03-08-1998
			BR 9806274 A	29-02-2000
			EP 1025601 A1	09-08-2000
			JP 2001508919 T	03-07-2001
			WO 9831062 A1	16-07-1998
US 6106964	A	22-08-2000	CA 2242176 A1	30-12-1998
JP 2000208159	A	28-07-2000	AUCUN	
DE 19956653	A	31-05-2001	DE 19956653 A1	31-05-2001
			WO 0139308 A2	31-05-2001
US 6045934	A	04-04-2000	JP 3077618 B2	14-08-2000
			JP 10247505 A	14-09-1998
			DE 19809575 A1	10-09-1998

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82